

**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 198 51 883 A 1

⑤ Int. Cl.⁷:
H 02 K 1/27

⑪ Aktenzeichen: 198 51 883.8
 ⑫ Anmeldetag: 10. 11. 1998
 ⑬ Offenlegungstag: 18. 5. 2000

DE 198 51 883 A 1

⑦ Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

Georg, Klaus, Dipl.-Ing., 97618 Heustreu, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

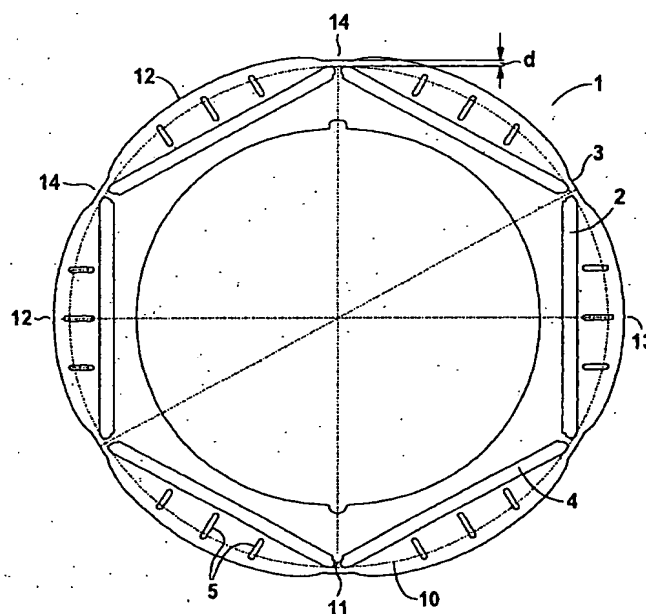
DE	34 24 939 A1
US	53 69 325
US	50 97 166
EP	08 17 355 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Permanent erregte Synchronmaschine

(57) Um bei einer Synchronmaschine die Streuverluste zu reduzieren und die Nennleistung zu erhöhen, wird das aus Blechen geschichtete Läuferblechpaket (1), in das Permanentmagnete (2) eingebettet sind, derart ausgestaltet, daß zumindest zwischen einer Ausnehmung (4) zur Aufnahme eines aus zumindest einer Magnetplatte bestehenden Permanentmagnets (2) und dem Luftspalt der Synchronmaschine wenigstens eine Magnetflußsperre (5) vorsieht.



DE 198 51 883 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft eine permanenterregte Synchronmaschine mit einem aus Blechen geschichteten Läuferblechpaket, in das Permanentmagnete eingebettet sind.

Drehfeldmaschinen mit permanenterregtem Läufer gewinnen zunehmend an Bedeutung, das sie einige wesentliche Vorteile bieten. Der unbewickelte Läufer dieser Maschinen läßt sich gut für hohe Drehzahlen ausführen. Die verfügbaren Magnetwerkstoffe ermöglichen eine sehr hohe Maschinenausnutzung. Da die Drehmomentbildung ohne Läuferströme erfolgt, entstehen mit Ausnahme parasitärer Zusatzverluste keine Läuferverluste. Damit wird eine Aufheizung des Läufers und der Lager vermieden. Außerdem besitzen diese Maschinen einen sehr guten Wirkungsgrad.

Die US-4 486 679 zeigt einen permanentmagneterregten Rotor einer elektrischen Maschine. Dabei sind im wesentlichen tangential Ausnehmungen im Rotorblechpaket zur Aufnahme der Permanentmagneten ausgebildet. Eine Verfestigung des Rotorblechpakets mit den Permanentmagneten wird durch Verformen der Bleche durch Einbringen eines Bolzens in der Pollücke erreicht.

Bei dieser elektrischen Maschine führen die stark auftretenden Ankerrückwirkungen bereits bei Nennstrom zu Sättigungserscheinungen.

Diese Sättigungserscheinungen können durch Verbreiterung der Ständerzahnbreiten vermindert werden, was zu einer Reduzierung der Nutfläche und damit zu einer Reduzierung des Nennstromes und des Nennmoments führt.

Ebenso kann durch eine Vergrößerung des Luftspaltes die Ankerrückwirkung reduziert werden. Dies führt ebenfalls zu einer verminderten Maschinenausnutzung, da bei gleichem Magnetvolumen das Erregerfeld reduziert wird.

Die US-5 369 325 beschreibt einen Rotor mit Permanentmagneten und ausgebildeten Polen. Die Permanentmagnete sind im wesentlichen in tangentialen Ausnehmungen des Blechpaketes eingesetzt. Es ist nur jeder zweite Pol durch einen Permanentmagneten bestückt, wobei die vorhandenen Schlitze zur gleichmäßigen Feldverteilung im Luftspalt beitragen sollen.

Ausgehend davon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Läufer mit Permanentmagneten zu schaffen, der bei Betrieb einer derartigen Synchronmaschine eine Reduzierung von Streuverlusten bei gleichzeitiger Erhöhung der Nennleistung bewirkt.

Die Lösung der gestellten Aufgabe gelingt dadurch, daß zumindest zwischen einer Ausnehmung zur Aufnahme eines aus zumindest einer Magnetplatte bestehenden Permanentmagneten und dem Luftspalt der Synchronmaschine wenigstens eine Magnetflußsperre vorgesehen ist.

Durch diese Magnetflußsperrn, die im wesentlichen als Querflußsperrn wirken, wird dem Ankerquerfluß Φ_a ein zusätzlicher magnetischer Widerstand entgegengesetzt, da nun mehrere Luftspalte zu überwinden sind. Der durch die Permanentmagnete erzeugte Erregerfluß selbst, der vom Permanentmagneten aus in radialer Richtung zum Luftspalt verläuft, wird durch diese Magnetflußsperrn nur unwesentlich beeinflusst, da diese den zur Führung des Erregerflusses erforderlichen Eisenquerschnitt nur vernachlässigbar reduzieren. Damit erhöht sich das verfügbare Drehmoment derartiger Synchronmaschinen bei Läufern mit Magnetflußsperrn gegenüber einem Läufer ohne Magnetflußsperrn bei gleichem Nennstrom. Ein weiterer positiver Einfluß der Magnetflußsperrn besteht in der Verringerung der der Querinduktivität, wodurch die elektrische Maschine erst bei höheren Drehzahlen an die Spannungsgrenze stößt, ab der das Drehmoment abnimmt. Somit wird dadurch auch eine Erhöhung der Nennleistung bei sonst gleichen technischen Daten

In einer weiteren Ausführungsform weist der Läufer Mittel auf, die im Luftspalt ein sinusförmiges Erregerfeld erzeugen. Vorzugsweise ist dabei die dem Luftspalt zugewandte Kontur des Läuferblechs nach folgender Beziehung gewählt:

$$r_a(\varphi) = R_B - \frac{\delta_0}{\cos(p \cdot \varphi)}$$

10 wobei

φ der Umfangswinkel

$r_a(\varphi)$ der Außenradius Läuferblech

R_B der Ständerbohrungsradius

δ_0 der engste Luftspalt in Polmitte und

15 p die Polpaarzahl ist.

Diese Formel gilt ausgehend von einer Polmitte. Ab einem vorgebbaren Winkel $p \cdot \varphi$ wird der Radius r_a bis zur Pollücke ($p \cdot \varphi = \pm 90^\circ$) konstant gehalten, der vorzugsweise zumindest in erster Näherung durch eine Tangente an der Pollücke angenähert werden kann. Dies verhindert, daß der Einbruch in die Pollücke zu groß wird. Das in der Pollücke verbleibende Blechmaterial, das durch die Kontur des Läuferblechs und Ausnehmungen definiert ist, wird möglichst dünn ausgeführt, um so die Magnetfeldstreuung im Läufer zu minimieren. Diese Verbindungsstelle weist eine Mindestdicke auf, um den bei Maximaldrehzahl entstehenden Fliehkräften der Magnete und Blechsegmente und den daraus resultierenden Tangentialspannungen im Läuferblechpaket entgegenzuwirken und sie aufnehmen zu können.

In einer weiteren Ausführungsform sind Materialaussparungen als Schlitze oder Aneinanderreihung nahezu punktförmiger Löcher zwischen einer Ausnehmung zur Aufnahme des oder der Magneten und dem Luftspalt vorgesehen. Damit wird u. a. die Herstellung derartiger Läuferbleche durch Stanzwerkzeuge in einem Arbeitsgang ermöglicht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist durch 40 Vorgabe einer Vorzugsrichtung der Materialaussparungen im Läuferblech, insbesondere der Schlitze oder Löcher in im wesentlichen paralleler Richtung, zu den im Betrieb auftretenden Feldlinien, eine weitere Reduzierung der Streuverluste gegeben. Der Erregerfluß wird dabei nur vernachlässigbar reduziert und beeinflusst. Vorzugsweise sind diese Materialaussparungen sekantenartig ausgerichtet.

Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gemäß Merkmalen der Unteransprüche werden im folgenden anhand schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele in der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 der Querschnitt eines mit Magnetflußsperrn versehenen Läufers,

Fig. 2 die Kontur des Läuferblechpakets.

Fig. 1 zeigt ein Läuferblechpaket 1 mit Permanentmagneten 2. Die Kontur 3 des Läuferblechpaketes 1 ist derart ausgebildet, daß sich ein sinusförmiges Erregerfeld im Luftspalt einer nicht näher dargestellten Synchronmaschine ergibt. Die verbleibende Blechstärke d ist aufgrund der bei Maximaldrehzahl auftretenden Fliehkräfte ausreichend dimensioniert. Die Permanentmagnete 2 sind in Taschen oder Ausnehmungen 4 eingesetzt, die im wesentlichen tangential angeordnet sind und so ein Polygon bilden, dessen außenliegenden Kanten der Ausnehmungen 4 auf einem Radius 10 liegen. Es sind ebenso andere Anordnungen der Permanentmagnete 2 in radialer Richtung oder einer windschiefen Lage möglich. Es ist außerdem nicht notwendig, die Permanentmagnete 2 quaderförmig auszuführen; es ist nahezu jede

3

beliebige geometrische Form der Permanentmagnete 2 möglich. In den kreissegmentartigen Blechschnitten zwischen Luftspalt der Synchronmaschine und Permanentmagneten 2 sind Magnetflußsperrn 5 vorhanden, die dem Ankerquerfluß Φ_a einen zusätzlichen magnetischen Widerstand entgegensetzen. Dabei sind die als Magnetflußsperrn 5 ausgebildeten Schlitze derart ausgerichtet, daß sie nur wenig Eisenquerschnitt beanspruchen und somit den durch die Permanentmagnete 2 erzeugten Erregerfluß nicht beeinträchtigen oder behindern. Derartige Schlitze können sich auch radial innerhalb dieser Ausnehmungen 4 befinden.

An dem virtuellen Zusammenstoß zweier Ausnehmungen 4, die zur Aufnahme der Permanentmagnete 2 dienen, sind die Ausnehmungen 4 so geformt, daß sich außer einer Fixierung der Permanentmagnete 2 auch Streustege 11 ergeben.

Bei einer nach Fig. 1 ausgeführten Synchronmaschine beträgt die Erhöhung des Drehmoments gegenüber herkömmlichen Synchronmaschinen bei gleichem Nennstrom ca. 15%.

Fig. 2 zeigt die Kontur 3 des Läuferblechpakets 1, die so ausgebildet ist, daß sich im Luftspalt einer nicht näher dargestellten Synchronmaschine ein sinusförmiges Erregerfeld einstellt. Das Läuferblechpaket 1 zeigt mehrere symmetrisch ausgebildete Pole 12, deren Kontur 3 jeweils nach folgender Vorschrift gestaltet ist:

$$r_a(\varphi) = R_B - \frac{\delta}{\cos(p \cdot \varphi)}$$

wobei

φ der Umfangswinkel

$r_a(\varphi)$ der Außenradius des Läuferblechs

R_B der Bohrungsradius des Ständers der Synchronmaschine

δ_0 der engste Luftspalt in Polmitte und

p die Polpaarzahl

ist.

Bei der Synchronmaschine nach Fig. 2 gilt diese Formel ausgehend von einer Polmitte 13 ($p \cdot \varphi = 0$), bis der Winkel $p \cdot \varphi \approx \pm 80^\circ$ beträgt. Es sind selbstverständlich auch andere Winkel, vorzugsweise im Bereich zwischen 70° und 88° , denkbar.

Ab diesem Winkel $p \cdot \varphi \approx \pm 80^\circ$ wird bei dieser Synchronmaschine r_a konstant gehalten, bis zur Pollücke 14 ($p \cdot \varphi \approx \pm 90^\circ$).

Dies verhindert, daß der Einbruch in der Pollücke 14 zu groß, da der 2. Term in obiger Vorschrift bei $p \cdot \varphi$ gegen $\pm 90^\circ$ unendlich strebt.

Die Kontur 3 der anderen Pole 12 ist in Fig. 2 genau gleich definiert. Es sind aber auch andere Konturen 3 nach anderen mathematischen Zusammenhängen realisierbar.

Ebenso müssen die Pole 12 nicht notwendigerweise symmetrisch bezüglich ihrer Polmitte 13 gestaltet sein. Es ist damit auch unterschiedliche Gestaltungsvorschriften der Kontur 3 des Läuferblechpakets 1 anwendbar.

Patentansprüche

1. Permanentterregte Synchronmaschine mit einem aus Blechen geschichteten Läuferblechpaket (1), in das Permanentmagnete (2) eingebettet sind, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwischen einer Ausnehmung (4) zur Aufnahme eines aus zumindest einer Magnetplatte bestehenden Permanentmagneten (2) und dem Luftspalt der Synchronmaschine wenigstens eine Magnetflußsperrn (5) vorgesehen ist.

2. Permanentterregte Synchronmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorhanden sind die in dem Luftspalt ein sinusförmiges Erre-

gerfeld erzeugen.

3. Permanentterregte Synchronmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Magnetflußsperrn (5) Materialaussparungen vorgesehen sind.

4. Permanentterregte Synchronmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorzugsrichtung der Materialaussparungen im wesentlichen parallel zu den im Betrieb der Synchronmaschine auftretenden Feldlinien verläuft.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

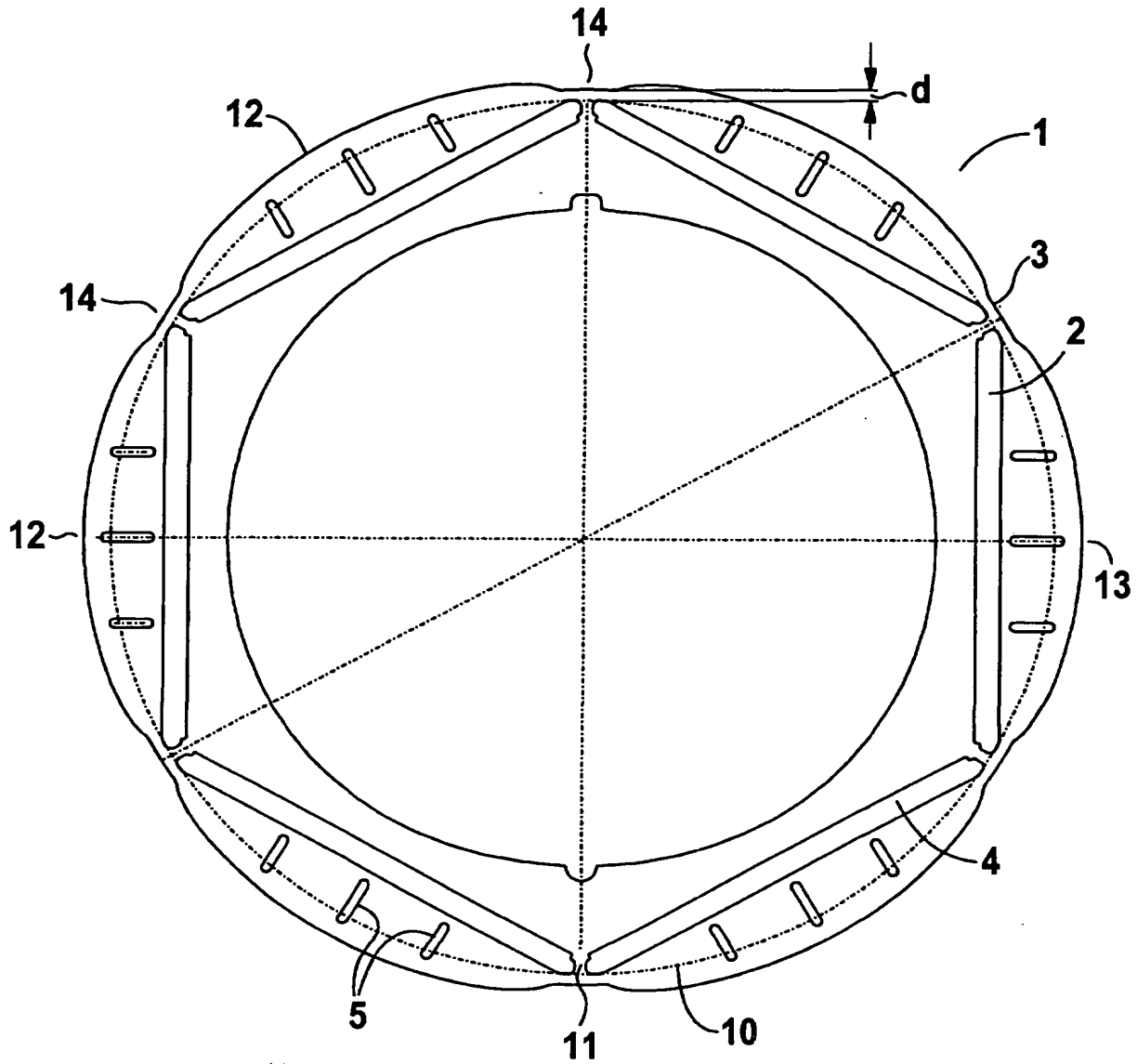


FIG 1

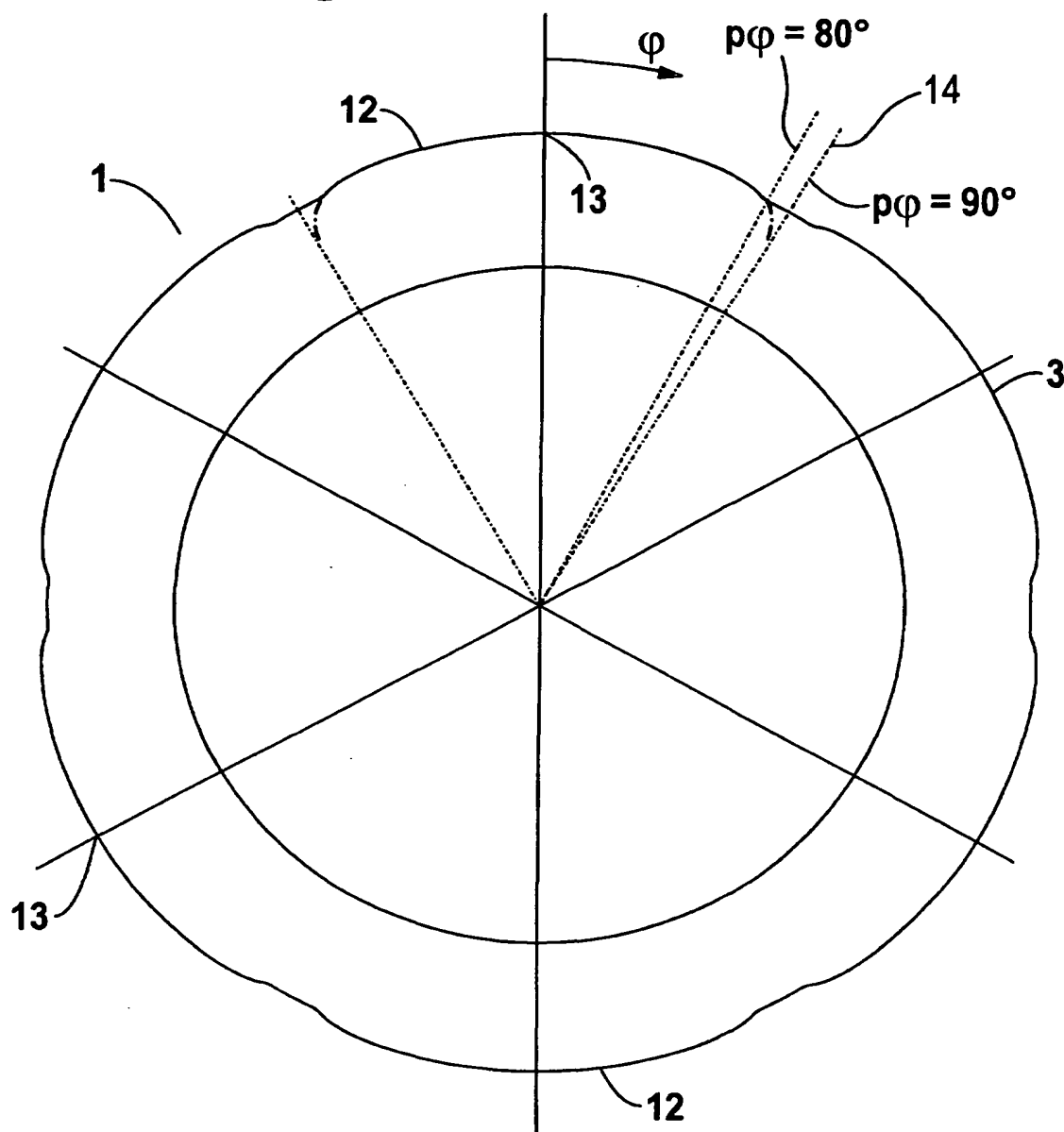


FIG 2